

збільшилися на 20-25% пластичні властивості литого металу і на 8-12 % збільшилася його щільність.

Висновки

Вплив газодинамічної дії і модифікування на розплав дозволяє добитися стійкого ефекту подрібнення структурних складових, зниження газової шпаристості і підвищення механічних властивостей виливків.

Дані проведених досліджень показали, що при використанні сумісної дії на метал, що кристалізується, для отримання необхідних властивостей виливків можливо зниження кількості вживаного модифікуючого препарату, температури розплаву, часу його обробки.

Список літератури: 1. Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях [Текст] / А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, С.В. Момот, В.Н. Амитан. - Д.: Издательство «ВИК» - 2002. - 169 с. 2. Ефимов, В.А. Перспективы развития работ по применению внешних воздействий на жидкий и кристаллизующийся расплав [Текст] / В.А. Ефимов. - Киев: Изд. ИПЛ АН УССР. - 1983. - С. 3-65. 3. Немененок, Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов [Текст] / Б.М. Немененок - Мн. Технопринт, 1999. - 272 с. 4. Скворцов, А.А. Влияние внешних воздействий на процесс формирования слитков и заготовок [Текст] / А.А. Скворцов, А.Д. Акименко, В.А. Ульянов - М.: Металлургия, 1995. - 272 с. 5. Ефимов, В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов [Текст] / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. - М.: Металлургия, 1995. - 272 с. 6. Эльдарханов, А.С. Процессы кристаллизации в поле упругих волн [Текст] / А.С. Эльдарханов. - М.: Металлургия, 1996. - 256 с. 7. Скребцов, А.М. О некоторых возможностях измельчения зерна металла отливки при внешнем воздействии на затвердевающий расплав [Текст] / А.М. Скребцов, Л.Д. Дан, А.О. Секачев и др. // Металл и литье Украины. 1996. - № 1-2. - С.30-34. 8. Борисов, Г.П. Давление в управлении литейными процессами [Текст] / Г.П. Борисов. - К.: Наукова думка, 1988. - 271 с. 9. Абрамов, О.Б. Кристаллизация металлов в ультразвуковом поле [Текст] / О.Б. Абрамов. - М.: Металлургия, 1972. - 256 с. 10. Пилюшенко, В.Л. Влияние виброимпульсного воздействия на условия затвердевания стали [Текст] / В.Л. Пилюшенко, А.Н. Смирнов. - В кн.: Черная металлургия. Наука – технология – производство. М.: Металлургия, 1989. - С. 162-171. 11. Ульянов, В.А. Кинетика формирования стальных слитков при пассивных и активных внешних воздействиях [Текст] / В.А. Ульянов, Е.М. Китаев, А.А. Скворцов. // Процессы литья. - 1993, №4. - С.38-43. 12. Скребцов, А.М. Формирование структуры и конуса осаждения слитка или отливки при внешнем воздействии на поверхность расплава [Текст] / Л.А. Дан, В.Б. Килочкин // Металл и литье Украины. - 1994. - №7-8. - С.5-9. 13. Возможность использования комплексного модификатора длительного действия на основе нанопорошков длительного действия для повышения качества отливок из алюминиевых сплавов [Текст]: Новые материалы и технологии в машиностроении-2005. Сб. трудов IV Международной научно-технической конференции. / Брянск: БГИТА - 2005. - С. 17 –23. 14. Селиверстов, В.Ю. Технология газодинамического воздействия на расплав в литейной форме – один из перспективных способов повышения качества металла отливок [Текст] / В.Ю. Селиверстов. // Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. Днепропетровск: Системные технологии. - 2007. - Том 10. - С. 25 – 35. 15. Селиверстов, В.Ю. Перспективы применения комбинированных способов управления структурообразованием литого металла [Текст] / В.Ю. Селиверстов, Ю.В. Доценко / Вісник ДДМА. - 2009. - № 1 (15). - С.267-273.

Поступила в редколлегию 13.03.2010

УДК 621.745.002.645:533

В. Ю. СЕЛИВЕРСТОВ, канд. техн. наук, доцент, НМетАУ, м. Дніпропетровськ

П. Д. КУЩ, асп., НМетАУ, м. Дніпропетровськ

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ РЕЖИМІВ ЗДІЙСНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВИЛИВКІВ СПОСОБОМ ЛВМ

Приведені дані аналітичних досліджень та результати натурних випробувань технології газодинамічного впливу на розплав при литті по витоплюваним моделям. Показана можливість диверсифікації режимів використання означеного активного фізичного методу впливу та перспективність проведення подальших досліджень.

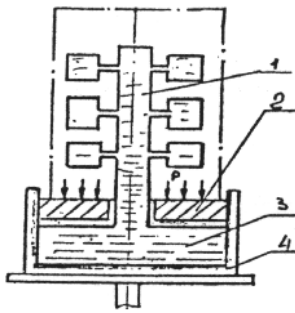
Ключові слова: режим, газодинамічний вплив, лиття по витоплюваним моделям, механічні та фізичні властивості.

Information of analytical researches and results of models tests of technology of gaz-dynamyc influence is resulted on fusion at casting on the smelted models. Possibility of diversification of the modes of the use of the indicated active physical method is rotined influences and perspective of leadthrough of subsequent researches.

Keywords: mode, gaz-dynamyc influencing, casting on the melted models, mechanical and physical properties

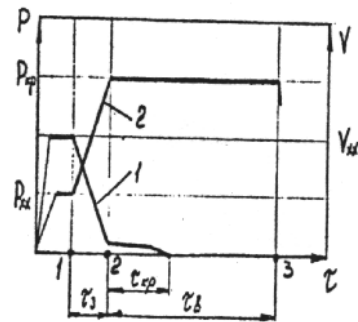
Вступ. Підвищення якості виливків при одночасному зниженні матеріальних та енергетичних втрат на їхнє виробництво може бути досягнуто за рахунок розробки та впровадження спеціальних методів зовнішніх впливів на метал виливка, що твердіє, серед яких тиск займає особливе місце завдяки різноманітності форм прикладення та ефективності впливу на різних етапах формування литої заготовки. До цих методів можна віднести також технологію газодинамічного впливу на розплав в ливарній формі.

Аналіз попередніх публікацій. При литті по витоплюваним моделям виливків складної конфігурації, що мають тонку протяжну стінку виникають проблеми, пов'язані з утворенням недоливів, неспаїв та інших дефектів. Особливо при виготовленні таких виливків із алюмінієвих сплавів не знайшло значного розповсюдження, в тому числі з тих причин, що невеликий металостатичний напір ($< 0,01$ МПа) є недостатнім для заповнення протяжних тонких стінок та якісного живлення. Підвищення ж температури форм призводить до погіршення механічних властивостей, а підвищення температури металу – до утворення усадкових дефектів [1]. Для усунення (недопущення) зазначених дефектів окрім оптимізації конструкції ливниково-живильної системи та термочасових параметрів процесів заливання і охолодження виливків, можливе застосування технологічних процесів, що використовують тиск в якості активного чинника впливу на процеси формування якісного виливка. Зокрема, відомий спосіб лиття по витоплюваним моделям з кристалізацією під тиском – ЛВМКТ (рис.1, 2), розроблений спеціалістами Новосибірського авіаційного виробничого об'єднання [1 - 3].



1-оболонкова форма, 2-пуансон, 3-розплав, 4-металоприймач

Рисунок 1 – Схема установки для реалізації процесу ЛВМКТ



1-характер зміни швидкості руху поршня, 2-тиск робочої рідини

Рисунок 2 – Зміна швидкості руху поршня і тиску робочої рідини в циліндрі

Під дією тиску розплав надходить до робочої порожнини оболонкової форми. Після закінчення заповнення тиск зростає до заданого значення $P_{кр}$, а потім залишається незмінним до кінця витримки виливка під тиском до повного затвердіння, після чого поршень автоматично переміщується вниз. Тривалість заливки τ_z та витримки τ_v розплаву під тиском задаються індивідуально для кожного виливка (блока); $\tau_{кр}$ - фактична тривалість кристалізації виливка. Тиск p пуансона на розплав визначали розрахунком згідно геометричних параметрів поршня і пуансона, а також експериментально. Максимально допустимий тиск на розплав знаходили експериментально за результатами гідровипробувань оболонкової форми. За даними [1] оболонкова форма з сухим наповнювачем витримує внутрішній тиск рідини 0,5 – 0,6 МПа. Ті ж автори [4] при дослідженні гідравлічної міцності оболонкових форм прийшли до висновку, що існуючі методи контролю, що застосовують при ЛВМ для оцінки конструкційної міцності оболонкових форм [5] не дають повного уявлення про їх стійкість до руйнування під силовим впливом рідкого металу. Тому був розроблений оригінальний метод випробувань гідравлічної міцності оболонкових форм при різних способах їх виготовлення та формовки. Встановлено, що гідро міцність оболонкових форм, виготовлених за серійною технологією, коливається в межах 0,1 - 0,25 МПа. Руйнування технологічних проб при тиску повітря в контейнері 0,47 МПа відбувається при тиску глицерину 0,55 – 0,61 МПа, при цьому перепад тиску, який витримує оболонкова форма складає 0,08 – 0,14 МПа [4].

Наведені дані свідчать про перспективність використання підвищеного тиску під час кристалізації для забезпечення високих і стабільних властивостей металу при виготовленні заготовок, що виготовляються, зокрема, у формах ЛВМ. Використання технології ЛВМКТ дозволяє значно підвищувати механічні властивості алюмінієвих сплавів і сталі [1-3], але є суттєво обмеженим з точки зору діапазону тиску, що використовується. Окрім того, реалізація цього способу потребує наявності специфічного обладнання, що обумовлює певні складнощі при вбудовуванні в діючий технологічний процес.

Відмітною особливістю технології газодинамічного впливу на розплав, що твердіє в ливарній формі є можливість передачі газового тиску безпосередньо рідкій фазі до моменту повного затвердіння виливка після герметизації системи ви-

ливок - пристрій для введення газу за рахунок формування шару затверділого металу відповідної товщини на поверхні виливка [6, 7]. Актуальним завданням представляється встановлення можливості та умов диверсифікації режимів технологічного процесу газодинамічного впливу та визначення ефективності зазначеної технології при литті по витоплюваним моделям.

Метою роботи є визначення можливості застосування газодинамічного впливу на розплав при литті по витоплюваним моделям без суттєвої зміни конструкції блоків, а також дослідження фізико-механічних властивостей металу циліндричних заготовок із сталі Р18 у порівнянні з аналогічними характеристиками литого металу, отриманого за традиційною технологією.

Результати досліджень. При здійсненні технології газодинамічного впливу, динаміка зміни тиску в системі виливок-пристрій для введення газу визначається динамікою зміни міцнісних властивостей шару затверділого металу, що збільшується від поверхні виливка. За можливий максимальний рівень тиску газу (МПа) в певний момент часу може бути прийнято значення, близьке значенню тимчасового опору (σ_B) затверділого шару з відповідною температурою і з урахуванням розтягуючих напруг, що виникають в твердій скоринці, які залежать від конфігурації і розмірів виливка. При цьому напруги в скоринці, що росте, протягом всього процесу твердіння підтримуються практично на рівні найбільшого навантаження, передуючого руйнуванню. Даний варіант реалізації технології застосовний в умовах металевої форми і дозволяє добитися максимального результату з погляду якості литого металу (перш за все механічних властивостей), але призводить до деформації та руйнування виливка. За умови стабільності геометричних розмірів виливка, що твердіє в формі ЛВМ, як параметр, необхідний для розрахунку динаміки наростання тиску в системі виливок-пристрій для введення газу, представляється доцільним використання опору деформації матеріалу виливка (σ) у діапазоні робочих температур. Проте, при затвердінні металу в формі ЛВМ традиційної конструкції, особливо з колективною схемою живлення (центральний стояк-живильник-виливок) дуже часто не виконується умова практично одночасного утворення рівномірної герметизуючої скоринки на усій поверхні блока виливків. В результаті, на момент часу, що відповідає формуванню поверхневої скоринки в найбільш масивній частині блока (стояку) і подачі газу, виливки опиняються затверділими. В даному випадку реалізація «класичної» технології газодинамічного впливу не ефективна. Але можливе здійснення процесу за режимом, що передбачає використання міцнісних властивостей оболонкової форми, а не зростаючої поверхневої скоринки. Необхідною умовою при цьому є встановлення максимально можливого рівня газового тиску в системі блок-пристрій для введення газу.

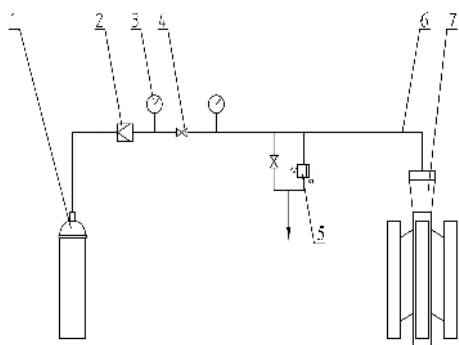
В умовах ливарного цеху ВАТ «Дніпропетровський агрегатний завод» була випробувана технологія лиття і установка для здійснення газодинамічного впливу на розплав в керамічній формі ЛВМ при відливанні циліндричних заготовок із сталі Р18Л для виготовлення ріжучого інструменту. Отриманий хімічний склад сталі приведений в табл. 1. Діаметр виливка - 25 мм, висота - 200 мм. В конструкції експериментального модельного блока була змінена товщина щільового жи-

вильника з 6 мм до 18 мм з метою забезпечення більш тривалого затвердіння металу в живильнику.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі

У по-
рядок тех-
нологіч-

них операцій виготовлення виливків за технологією ЛВМ були включені наступні: після заливки керамічної форми здійснювали введення пристрою подачі газу в розплав у верхню частину стояка; здійснювали витримку для герметизації системи виливок - пристрій подачі газу і подачу газу (аргону) під наростаючим тиском 0,1 – 0,3 МПа з використанням розробленої установки (рис. 3) [8].



1 - балон з аргonom, 2 – редуктор, 3 – манометр, 4 – вентиль, 5- перепускний клапан, 6 – трубопровід, 7 – ливарна форма.

Рисунок 3 – Схема пристрою для здійснення газодинамічного впливу на розплави у формі ЛВМ

Дослідження властивостей литого металу проводили в порівнянні з металом тієї ж марки, який одержаний за традиційною технологією за методикою, аналогічною у роботі [8].

Для дослідження механічних властивостей металу із виливків вирізали циліндричні зразки (рис. 2): одержані із застосуванням газодинамічного впливу - №№ 1, 2, 3; одержані за традиційною технологією - №№ 4, 5, 6. Пропорційно циліндричні зразки для механічних випробувань виготовляли по типу III (ГОСТ 1497-84) [8].

Твердість після загартування і відпуску визначали по ГОСТ 9013-59 на зразках, відібраних для механічних випробувань. Загартування проводили в соляній високотемпературній ванні при температурі $1260 \pm 3^\circ\text{C}$ 1,5 хв. з попереднім підігрівом при $850 \pm 3^\circ\text{C}$ 5-6 хв. в низькотемпературній соляній ванні. Охолодження зразків після загартування проводили в мастилі. Відпуск зразків проводили при температурі 560°C з витримкою впродовж однієї години і охолодженням на повітрі.

Щільність сталі досліджували методом гідростатичного зважування зразків в чотирихлористому вуглеці і на повітрі [9-11]. Зважування зразків проводили на аналітичних вагах моделі WA-21. Розрахунок проводили по формулі (1):

$$\rho = \frac{P}{P-Q}(\delta - \lambda) + \lambda \quad (1)$$

де P - маса зразка в повітрі, г;

Q - маса зразка в CCl_4 , г;

δ - щільність CCl_4 - $1,59590 \text{ г/м}^3$;

λ - щільність повітря - $0,00122 \text{ г/м}^3$

Особливістю виконаного розрахунку є врахування впливу температури навколишнього середовища на значення щільності повітря і CCl_4 . Температура по-

вітря при вимірюванні складала 18,5 °C.

У таблиці 1 приведені результати випробувань з визначення механічних властивостей а також щільності литого металу, одержаного із застосуванням газодинамічного впливу в процесі твердіння у формі ЛВМ, а також металу, одержаного за традиційною технологією після термічної обробки.

Таблиця 1 – Фізико - механічні властивості сталі

№ зразка	σ_{ϵ} , кг/мм ²	HRC	δ , %	ρ , кг/м ³
1	162,2	59	3,25	8880
2	161,8	57	3,15	8879
3	162,1	57	3,13	8877
4	136,7	52	2,47	8751
5	135,5	51	2,49	8747
6	135,3	51	2,47	8748

Висновки

1. В ході проведеної роботи встановлена можливість диверсифікації режимів здійснення технології газодинамічного впливу на розплав в ливарній формі при литті по витоплюваним моделям.

2. Встановлена можливість здійснення процесу за режимом, що передбачає використання міцнісних властивостей оболонкової форми, а не зростаючої поверхневої скоринки. Необхідною умовою при цьому є визначення максимально можливого рівня газового тиску в системі блок-пристрій для введення газу.

3. В результаті досліджень властивостей литого металу, що отриманий за експериментальною технологією, в порівнянні з металом, який одержаний за традиційною технологією, встановлений позитивний вплив застосування газодинамічної дії на механічні властивості сталі Р18Л: тимчасовий опір збільшується на 15-16 %, твердість металу збільшується на 9 - 13 %, відносне подовження - на 25-35 %, а щільність на 1 – 1,5 %.

Список літератури: 1. Чернов, Н.М. Литье алюминиевых заготовок по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением [Текст] / Н.М. Чернов, А.И. Игнатов, В.Н. Гречко // Литейное производство. – 1995. № 2. – С. 12 - 13. 2. Чернов, Н.М. Формирование стальных отливок по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением [Текст] / Н.М. Чернов, М.Д. Пархоменко, В.Н. Гречко, Ю.А. Караник // Литейное производство. – 1993.- № 4. – С. 22 - 24. 3. Медведев, К.А. Литье по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением коррозионно-стойких сталей [Текст] / К.А. Медведев, Н.М. Чернов // Литейное производство. – 2006. № 1. – С. 20 - 23. 4. Чернов, Н.М. Исследование гидравлической прочности оболочковых форм [Текст] / Н.М. Чернов, Н.М. Гречко // Литейное производство. – 1995. № 6. – С. 24 - 25. 5. Иванов, В.Н. Контроль при литье по выплавляемым моделям [Текст] / В.Н. Иванов // Литейное производство. – 1993. № 12. – С. 17 - 19. 6. Деклараційний патент, Україна МПК (2006) В22D 18/00 Пристрій для отримання виливків / Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В. № 28859 заявл. 03.08.2007, опубл. 25.12.2007 Бюл. № 21. 7. Деклараційний патент, Україна МПК (2006) В22D 18/00 Спосіб отримання виливків/ Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В. № 28858 заявл. 03.08.2007, опубл. 25.12.2007 Бюл. № 21. 8. Селівьорстов, В.Ю., Використання технології газодинамічного впливу на розплав при литті по витоплюваним моделям [Текст] / В.Ю. Селівьорстов, П.Д. Куш // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. –

Харків: НТУ «ХП» - 2010. - № 4 – С. 89 – 94. 9. Бетунер Л.М. Математические методы в химической технике / Л. Бетунер, М. Позин. – Л.: Химия, 1968. – 136 с. 10. Высококачественные чугуны для отливок / [Шумихин В.С., Кутузов В.П., Храмченко А. И. и др.]; – М.: Машиностроение, 1982. – 222 с. 11. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом / [Захарченко Э.В., Левченко Ю.Н., Горенко В.Г. и др.] – К.: Наук. думка, 1986. – 248 с.

Поступила в редколлегию 13.03.2010

УДК 621.979.1

Ю.А. ПЛЕСНЕЦОВ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»

А.С. ЗАБАРА, студент, НТУ «ХПИ»

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗАМКНУТОГО СЕЧЕНИЯ

Розроблена технологічна схема профілювання гнутих профілів $D=20$ мм і $s=1,0$ мм замкнутого перетину для силового каркасу меблів. Методами планування експерименту отримані математичні моделі процесу, що описують радіальну деформацію металу в місці згинання на 360° і кут розпружинення сформованої труби.

The flowsheet of profiling of the bent types of the closed section for power framework of furniture of $D=20$ mm of $s=1,0$ mm. The methods of planning of experiment are get the mathematical models of process describing radial deformation of metal in the place of bend on 360° and corner of springing of the formed pipe.

В последние годы все более четко прослеживается тенденция в изготовлении стальной мебели, для ее силового каркаса мебели. Они находят применение для различных конструкций: стол (компьютерный, офисный, банкетный, массажный и др.); стул (офисный, барный и др.); кресло; мягкая мебель и др.

Область применения гнутых профилей замкнутого сечения (ГПЗС) постоянно расширяется, спрос в Украине растет.

До настоящего времени ГПЗС небольших диаметров поставлялись в Украину исключительно из-за рубежа [1], в связи с чем, создание импортозамещающих технологий в Украине является важной и актуальной задачей.

Одним из основных вопросов, решаемых при разработке технологии производства гнутых профилей, является выбор режима профилирования [2].

Назначать оптимальный режим формовки следует с учетом параметров напряженно-деформированного состояния и механических свойств металла, размеров заготовки и профиля, системы калибровки валков и технологического процесса профилирования (непрерывного или поштучного).

Исследования формоизменения мест изгиба металла и разработка практических рекомендаций по технологии изготовления ГПЗС, обеспечит создание научных и технологических основ для организации их производства в Украине.

Цель работы – разработка практических рекомендаций для совершенствования технологии валковой формовки ГПЗС.

В соответствии с указанной целью в работе поставлены и решены следующие задачи: